

บทที่ 5

ผลการทดสอบ

บทนำ

บทที่ 5 นี้จะกล่าวถึงผลการทดสอบที่ได้จากการใช้วิธีที่นำเสนอโดยทดสอบกับระบบทดสอบของ IEEE (IEEE-Reliability Test System: IEEE-RTS) และการเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากวิธีที่นำเสนอกับวิธีแบบดั้งเดิม รวมถึงการวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้

5.1 การทดสอบกับระบบทดสอบของ IEEE (IEEE-RTS)

ระบบทดสอบของระบบ IEEE [20] มีจำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบ 32 เครื่อง และมีกำลังการผลิตติดตั้งทั้งหมดเท่ากับ 3405 MW รายละเอียดของการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องแสดงไว้ในตารางที่ 5.1 ซึ่งในที่นี้จะกำหนดให้ "เวลาที่จะเสีย (TTF)" และ "เวลาในการซ่อม (TTR)" เป็นตัวเลขฟัซซี่ชนิดสามเหลี่ยมซึ่งเขียนได้ในรูป $\tilde{A} \equiv (a_1; a_2; a_3)$ สังเกตว่าค่า a_2 จะมีค่าเท่ากับค่าดั้งเดิม (Crisp number) ที่ระบุไว้ใน [20]

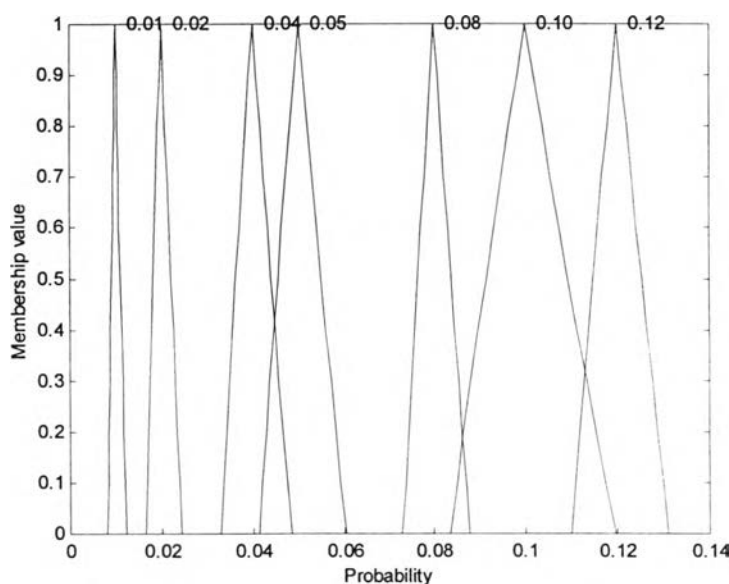
ตารางที่ 5.1 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบของ IEEE

ขนาดกำลังการผลิต (MW)	จำนวนเครื่อง (เครื่อง)	ประเภท	TTF \tilde{m} (ชั่วโมง)	TTR \tilde{r} (ชั่วโมง)
12	5	น้ำมัน	(2646 ; 2940 ; 3234)	(54 ; 60 ; 66)
20	4	กังหันก๊าซ	(405 ; 450 ; 495)	(45 ; 50 ; 55)
50	6	พลังน้ำ	(1782 ; 1980 ; 2178)	(18 ; 20 ; 22)
76	4	ถ่านหิน	(1764 ; 1960 ; 2156)	(36 ; 40 ; 44)
100	3	น้ำมัน	(1080 ; 1200 ; 1320)	(45 ; 50 ; 55)
155	4	ถ่านหิน	(864 ; 960 ; 1056)	(36 ; 40 ; 44)
197	3	น้ำมัน	(855 ; 950 ; 1045)	(45 ; 50 ; 55)
350	1	ถ่านหิน	(1093 ; 1150 ; 1208)	(95 ; 100 ; 105)
400	2	นิวเคลียร์	(1045 ; 1100 ; 1155)	(143 ; 150 ; 158)

จากวิธีการที่ได้เสนอในบทที่ 4 การคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้จะเริ่มจากการหาค่า FOR และอัตราการเปลี่ยนสถานะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทุกเครื่อง ต่อจากนั้นจึงคำนวณ COPT ย่อย สำหรับทุกๆกลุ่มของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในตารางที่ 5.1 ตามลำดับ โดยค่า FOR และค่าอัตราการเปลี่ยนสถานะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องซึ่งเป็นตัวเลขฟัซซีแสดงได้ดังตารางที่ 5.2 และ รูปที่ 5.1

ตารางที่ 5.2 ค่า FOR ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องในระบบ IEEE

ขนาดกำลังการผลิต (MW)	Fuzzy Forced Outage Rate (FOR)	$\tilde{\lambda}$ ($\times 10^{-3}$)	$\tilde{\mu}$
12	(0.01642 ; 0.020 ; 0.02433)	(0.31 ; 0.34 ; 0.31)	(0.015 ; 0.017 ; 0.018)
20	(0.08333 ; 0.100 ; 0.11956)	(2.02 ; 2.22 ; 2.47)	(0.018 ; 0.02 ; 0.022)
50	(0.00819 ; 0.010 ; 0.01219)	(0.459 ; 0.505 ; 0.561)	(0.045 ; 0.05 ; 0.055)
76	(0.01642 ; 0.020 ; 0.02434)	(0.464 ; 0.510 ; 0.567)	(0.023 ; 0.025 ; 0.0278)
100	(0.03297 ; 0.040 ; 0.04846)	(0.757 ; 0.833 ; 0.925)	(0.018 ; 0.02 ; 0.022)
155	(0.03297 ; 0.040 ; 0.04846)	(0.947 ; 1.042 ; 1.157)	(0.023 ; 0.025 ; 0.028)
197	(0.04128 ; 0.050 ; 0.06044)	(0.957 ; 1.053 ; 1.169)	(0.018 ; 0.02 ; 0.022)
350	(0.07291 ; 0.080 ; 0.08761)	(0.828 ; 0.869 ; 0.915)	(0.0095 ; 0.01 ; 0.0105)
400	(0.10983 ; 0.120 ; 0.13098)	(0.866 ; 0.909 ; 0.957)	(0.0063 ; 0.0066 ; 0.007)



รูปที่ 5.1 ตัวเลขฟัซซี FOR ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบ IEEE

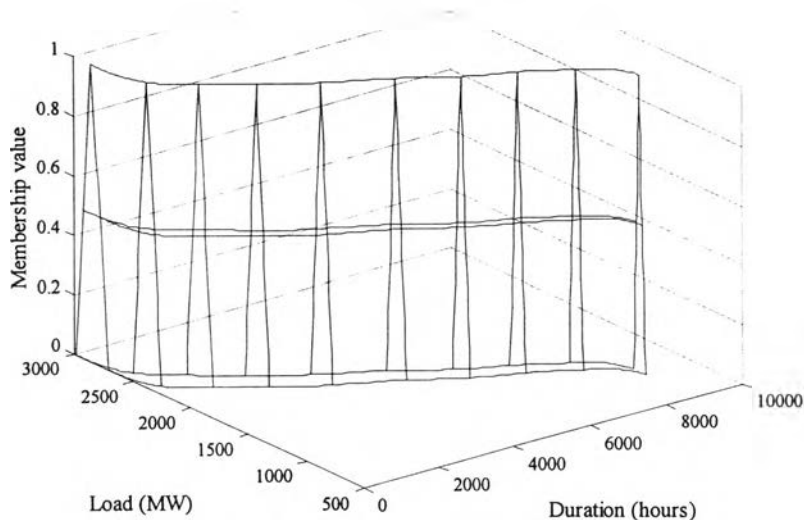
หลังจากคำนวณค่า COPT ย่อยสำหรับกลุ่มของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละกลุ่มได้ครบแล้ว และทำการรวม COPT ย่อยเหล่านั้นเข้าด้วยกันตามวิธีที่กล่าวไปแล้วในบทที่ 4 หัวข้อ 4.2.3 ก็จะได้ผลลัพธ์คือ COPT ของระบบ จากการคำนวณจะได้ว่า COPT ของระบบ IEEE มีสถานะทั้งหมด 1535 สถานะ โดยในที่นี้การสร้าง COPT จะไม่คำนึงถึงสถานะที่มีค่า $p_{s,\alpha=1}$ น้อยกว่า 10^{-8} ตัวอย่างที่แสดงค่าพารามิเตอร์ในบางสถานะของ COPT ของระบบสามารถแสดงได้ในตารางที่ 5.3 ดังนี้

ตารางที่ 5.3 ตัวอย่างบางสถานะของ COPT ของระบบ

s	$C_{o,s}$	\bar{P}_s	$\tilde{\lambda}_s$	$\bar{\mu}_s$
1	0	(0.18051 ; 0.23639 ; 0.29641)	(0.6175 ; 0.6762 ; 0.7475)	0
5	32	(0.00575 ; 0.01072 ; 0.01913)	(0.5616 ; 0.6147 ; 0.6792)	(0.80 ; 0.880 ; 0.9778)
10	50	(0.00899 ; 0.01433 ; 0.02187)	(0.6064 ; 0.6640 ; 0.7340)	(1.0909 ; 1.2000 ; 1.3333)
15	64	(0.00003 ; 0.00007 ; 0.00019)	(0.5057 ; 0.5532 ; 0.6108)	(1.6000 ; 1.7600 ; 1.9556)
20	76	0.01215 ; 0.01930 ; 0.02934)	(0.6062 ; 0.6639 ; 0.7340)	(0.5453 ; 0.6001 ; 0.6674)
50	140	0.00102 ; 0.00222 ; 0.00464)	(0.4988 ; 0.5494 ; 0.6109)	(1.3105 ; 1.4656 ; 1.6700)
100	214	(0.00000 ; 0.00000 ; 0.00001)	(0.3783 ; 0.6168 ; 0.8696)	(1.1466 ; 2.8850 ; 5.2868)
150	264	(0.00000 ; 0.00001 ; 0.00002)	(0.4607 ; 0.6180 ; 0.7919)	(1.3085 ; 2.1370 ; 3.5691)
200	314	(0.00000 ; 0.00000 ; 0.00000)	(0.4266 ; 0.6060 ; 0.7920)	(1.8151 ; 3.3167 ; 5.5363)
250	364	(0.00028 ; 0.00064 ; 0.00139)	(0.5625 ; 0.6177 ; 0.6850)	(1.3407 ; 1.4806 ; 1.6606)
300	414	(0.00041 ; 0.00092 ; 0.00196)	(0.4193 ; 0.5734 ; 0.7686)	(1.0304 ; 1.4959 ; 2.2592)
350	464	(0.00006 ; 0.00015 ; 0.00040)	(0.1085 ; 0.5760 ; 1.3482)	(0.2883 ; 2.2047 ; 5.5689)
400	514	(0.00005 ; 0.00012 ; 0.00032)	(0.2676 ; 0.5559 ; 1.0219)	(0.8933 ; 2.0049 ; 4.2474)
500	614	(0.00000 ; 0.00001 ; 0.00002)	(0.0635 ; 0.5502 ; 1.7642)	(0.234 ; 2.599 ; 10.433)
600	714	(0.00002 ; 0.00006 ; 0.00013)	(0.5167 ; 0.5965 ; 0.7524)	(1.4940 ; 1.7295 ; 2.6813)
700	814	(0.00011 ; 0.00026 ; 0.00061)	(0.3042 ; 0.5520 ; 1.0720)	(0.8978 ; 1.6929 ; 3.8848)
800	914	0.00001 ; 0.00003 ; 0.00010)	(0.2130 ; 0.5343 ; 1.4150)	(0.8440 ; 2.1827 ; 6.7888)
900	1014	(0.00000 ; 0.00000 ; 0.00001)	(0.0720 ; 0.5215 ; 2.0434)	(0.343 ; 2.715 ; 13.716)
1000	1114	(0.00001 ; 0.00002 ; 0.00004)	(0.4982 ; 0.5746 ; 0.7146)	(1.6450 ; 1.8878 ; 2.7661)
1100	1215	(0.00000 ; 0.00000 ; 0.00000)	(0.4064 ; 0.5556 ; 0.9282)	(1.6167 ; 2.2325 ; 5.4922)
1200	1318	(0.00000 ; 0.00000 ; 0.00000)	(0.0205 ; 0.4611 ; 2.2523)	(0.170 ; 3.594 ; 17.202)
1300	1420	(0.00000 ; 0.00000 ; 0.00000)	(0.0186 ; 0.5198 ; 2.1743)	(0.146 ; 3.203 ; 14.175)
1535	1874	(0.00000 ; 0.00000 ; 0.00000)	(0.3647 ; 0.4580 ; 0.6235)	(2.6372 ; 3.2138 ; 4.5003)

ในส่วนของการสร้างแบบจำลองของโหลด เราจะใช้โหลดตามที่ระบุไว้ในระบบทดสอบของ IEEE เป็นโหลดที่ได้จากการพยากรณ์ โดยลักษณะการกำหนดค่าของโหลดจะกำหนดเป็นโหลดแบบ รายชั่วโมงเป็นระยะเวลาทั้งหมด 8736 ชั่วโมง (364 วัน) และมีค่าโหลดสูงสุดเท่ากับ 2850 MW โหลด ที่ได้นี้จะถูกเรียงลำดับจากน้อยไปหามากตามค่าขนาดของโหลด ต่อจากนั้นจะเลือกค่าโหลดขึ้นมา 100 จุด เพื่อเป็นตัวแทนในการแสดงถึงค่าโหลดทั้งหมด โดยค่าโหลด 100 จุดที่ได้นี้จะเป็นเส้นโค้งระยะ ของโหลดสะสม (CLDC) ที่ได้จากการพยากรณ์ของระบบ IEEE

จากสมการที่ 4.13 และ 4.14 ในบทที่ 4 หัวข้อ 4.3.2 กำหนดให้ $L = F_L(t)$ เป็นเส้นโค้ง ระยะเวลาของโหลดสะสมที่ได้จากการพยากรณ์ ซึ่งมีค่าโหลดสูงสุดเท่ากับ 2850 MW โดยมีระยะเวลา ที่พิจารณา คือ $t \in [0, 8736]$ (ชั่วโมง) และกำหนดให้ฟังก์ชัน $S_L(\alpha)$ และ $S_R(\alpha)$ คือ $S_L(\alpha), S_R(\alpha) = 0.05 - (0.05) \cdot (\alpha)$ นั่นคือ S_{max} มีค่า 5% และกำหนดให้โหลดแบบฟัซซีมี ลักษณะสมมาตร ดังนั้นจะได้เส้นโค้งระยะเวลาของโหลดสะสมแบบฟัซซีดังรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 เส้นโค้งระยะเวลาของโหลดสะสมแบบฟัซซีของระบบ IEEE

จากรูปที่ 5.2 จะเห็นได้ว่าการแสดงถึงความไม่แน่นอนของโหลดในเทอมของตัวเลขฟัซซีนั้น สามารถกำหนดให้การกระจายของโหลดมีลักษณะเป็นอย่างไรก็ได้ โดยขึ้นกับการกำหนดฟังก์ชัน $S_L(\alpha)$ และ $S_R(\alpha)$ ที่สามารถกำหนดได้จากการพิจารณาถึงความเป็นไปได้ของโหลดที่จะเกิดขึ้น ซึ่งวิเคราะห์ได้จากข้อมูลต่างๆที่มีอยู่ที่จะส่งผลกระทบต่อค่าของโหลดที่ได้จากการพยากรณ์ และจาก ประสบการณ์ของผู้ประเมินเอง

5.2 การคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ (LOLE, EENS และ F&D)

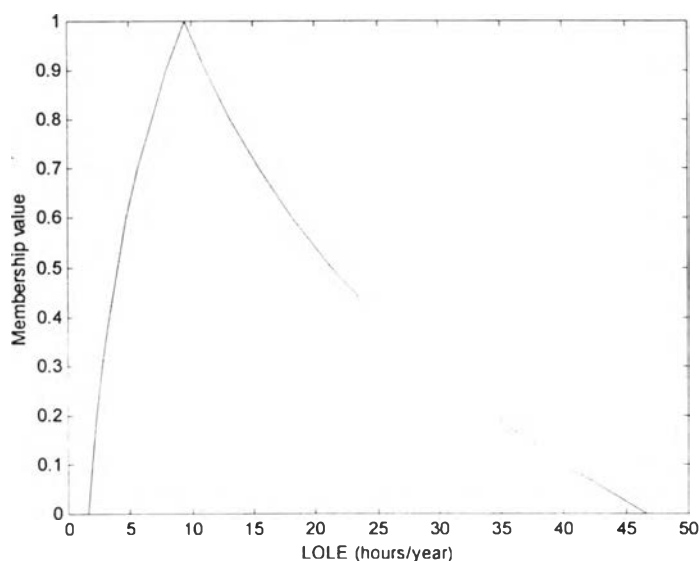
5.2.1 ค่าดัชนี Loss of Load Expectation และ Expected Energy Not Supplied

หลังจากสร้างแบบจำลองของระบบผลิตไฟฟ้าและแบบจำลองของโหลดเรียบร้อยแล้ว โดยการพิจารณาทั้ง 2 ส่วนนี้พร้อมๆกัน จะสามารถคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบ คือ ค่า LOLE และ ค่า EENS ได้จากสมการที่ 4.15 และ 4.16 ตามกระบวนการที่ได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 4 หัวข้อ 4.4.1 ซึ่งจากการคำนวณจะได้ผลลัพธ์ออกมาดังแสดงในลักษณะของตัวเลขได้ตามตารางที่ 5.4 และ ในลักษณะของรูปร่างของตัวเลขฟัซซีของค่าดัชนีได้ดังรูปที่ 5.3 และ 5.4 ตามลำดับ

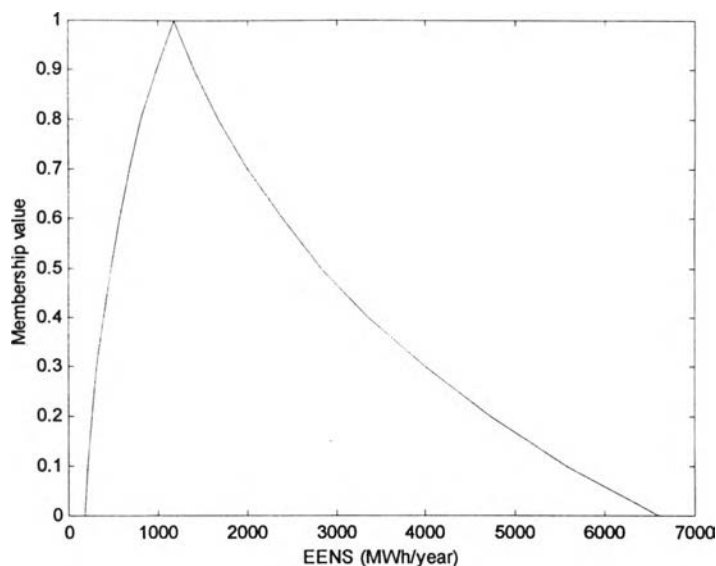
ตารางที่ 5.4 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบ IEEE

ดัชนี	หน่วย	วิธีที่เสนอ		ค่าอ้างอิง 1 จาก [20]	ค่าอ้างอิง 2*
		(a_1 ; a_2 ; a_3)	ค่า Centered		
LOLE	ชั่วโมง / ปี	(1.5936 ; 9.4551 ; 46.6515)	11.6740	9.39418	9.9651
EENS	MWh / ปี	(174.02 ; 1173.32 ; 6592.15)	1500.666	1176.0	1253.70

* ค่ารวมโดยการพิจารณาความไม่แน่นอนของโหลดที่ได้จากการพยากรณ์เท่านั้น โดยการสมมุติให้โหลดมีการกระจายแบบปกติและมีค่า S.D. เท่ากับ 2 %



รูปที่ 5.3 ค่าดัชนี Loss of Load Expectation (LOLE) แบบฟัซซี



รูปที่ 5.4 ค่าดัชนี Expected Energy Not Supplied (EENS) แบบฟัซซี

จากลักษณะของค่าดัชนีแบบฟัซซีดังแสดงในรูปที่ 5.3 และ 5.4 จะพบว่าตัวเลขฟัซซีที่ได้มีลักษณะที่ประมาณได้ว่าเป็นตัวเลขฟัซซีชนิดสามเหลี่ยม สอดคล้องตามลักษณะของค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้ในส่วนของแบบจำลองของระบบผลิตและแบบจำลองของโหลด แต่สาเหตุที่ตัวเลขฟัซซีของค่าดัชนีที่ได้มีการผิดเพี้ยนไปนั้น เป็นผลมาจากกระบวนการคำนวณต่างๆซึ่งใช้พีชคณิตฟัซซีและตัวดำเนินการเชิงฟัซซีกับตัวเลขฟัซซีเหล่านั้นนั่นเอง จากตารางที่ 5.4 ซึ่งแสดงผลลัพธ์ คือ ดัชนีความเชื่อถือได้ที่คำนวณได้จากวิธีการที่นำเสนอและค่าอ้างอิงที่ได้จากการคำนวณตามวิธีแบบดั้งเดิม จะสามารถแบ่งการสรุปและการวิเคราะห์ผลที่ได้ออกเป็น 2 กรณี คือ ลักษณะของตัวเลขฟัซซีของค่าดัชนีและค่า Centered ของค่าดัชนีนั้น

ในกรณีที่ 1 จากรูปที่ 5.3 และ 5.4 จะเห็นได้ว่าค่าดัชนีแบบฟัซซีที่คำนวณได้สามารถบ่งบอกถึงลักษณะการกระจายของค่าดัชนีอันเนื่องมาจากความไม่แน่นอนในส่วนของระบบผลิตและส่วนของโหลดได้อย่างชัดเจน และทำให้เข้าใจภาพรวมของระบบได้ดีกว่าค่าดัชนีที่ได้จากการคำนวณแบบดั้งเดิมที่เป็นค่าๆเดียว (Crisp number) ซึ่งไม่สามารถสื่อความหมายตรงจุดนี้ได้ชัดเจนนัก จากรูปที่ 5.3 และ 5.4 ณ ระดับค่าความเป็นสมาชิกที่ต่ำกว่า การกระจายของค่าดัชนีจะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นโดยการแสดงผลของความไม่แน่นอนของค่าพารามิเตอร์ต่างๆโดยใช้ตัวเลขฟัซซีแบบสามเหลี่ยม ค่าผลลัพธ์ที่ได้ ณ 1.0-cut (a_2) ควรจะมีค่าเท่ากับค่าที่คำนวณได้ตามวิธีแบบดั้งเดิม ซึ่งไม่ได้คำนึงถึงผลของความไม่แน่นอน คุณสมบัติข้อนี้สามารถเห็นได้จากตารางที่ 5.4 ซึ่งจะพบว่า ค่า ณ 1.0-cut ของค่าดัชนี LOLE และ EENS ใกล้เคียงกับค่าอ้างอิงที่แสดงไว้ใน [20] โดยมีค่าคลาดเคลื่อน

เล็กน้อย คือ 0.65 % และ 0.23 % ตามลำดับ ดังนั้นจากที่กล่าวมา จะเห็นได้ว่า ข้อได้เปรียบของค่าดัชนีแบบฟิชชี คือ ค่าดัชนีแบบฟิชชีสามารถแสดงถึงภาพรวมของระบบในรูปของค่าดัชนีที่เป็นไปได้ทั้งหมดภายใต้ความไม่แน่นอนที่มีอยู่ในระบบได้ นอกจากนี้ ค่า α 0.0-cut คือค่า a_1 และ a_3 ของตัวเลขฟิชชีจะแสดงถึงค่าดัชนีที่น้อยที่สุดและมากที่สุดที่จะเป็นไปได้ ซึ่งจะเป็นค่าที่กำหนดขอบเขตของค่าดัชนีที่อาจจะเกิดขึ้นจริงเมื่อคำนึงถึงผลของความไม่แน่นอน

ในกรณีที่ 2 ค่า Centered ของค่าดัชนีแบบฟิชชีอาจถูกมองได้ว่าเป็นค่าอ้างอิงในรูปของตัวเลขปกติ ซึ่งค่าผลลัพธ์แบบนี้จะรวมผลของความไม่แน่นอนทั้งในส่วนของการผลิตและส่วนของโหลดเข้าด้วยกันและแสดงออกมาในรูปของค่าเฉลี่ยค่าหนึ่ง จากตารางที่ 5.4 นั้นจะเห็นว่าค่า Centered ของค่าดัชนี LOLE และ EENS ที่ได้ มีค่ามากกว่าค่าอ้างอิง 1 และ ค่าอ้างอิง 2 ที่สอดคล้องกันตามลำดับ

จากการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้ทั้งสองส่วนนี้แสดงให้เห็นว่า ไม่เพียงแต่เฉพาะความไม่แน่นอนของโหลดเท่านั้นที่จะมีผลกระทบต่อค่าดัชนีความเชื่อถือได้ แต่ความไม่แน่นอนในส่วนของการผลิตก็ส่งผลกระทบต่อค่าดัชนีที่คำนวณได้อีกด้วย แม้ว่าผลลัพธ์ที่ได้รับอาจจะไม่สามารถเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิง 2 ได้โดยตรงเนื่องจากทั้งสองค่านั้นคำนวณมาจากวิธีการที่ต่างกัน แต่ทั้งสองค่านั้นก็ยังมีส่วนที่สัมพันธ์กัน คือ ค่าทั้งสองเป็นค่าที่ได้จากการคำนวณโดยพิจารณาถึงความไม่แน่นอนของโหลดเช่นเดียวกัน ดังนั้นจุดประสงค์ในการเปรียบเทียบให้เห็น ณ ที่นี้เพียงแต่ต้องการที่จะแสดงถึงความแตกต่างระหว่างการจำลองความไม่แน่นอนโดยการใช้หลักการของฟิชชีและหลักการของความน่าจะเป็นที่ใช้กันอยู่ทั่วไป

ในกรณีที่คำนึงถึงผลของความไม่แน่นอนของค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แต่ไม่คำนึงถึงในส่วนของการจำลองของโหลด จะคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ คือ LOLE และ EENS ได้ดังตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้กรณีไม่คำนึงถึงผลของความไม่แน่นอนของค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลองของโหลด

ดัชนี	หน่วย	วิธีที่เสนอ		ค่าอ้างอิง จาก [20]
		(a_1 ; a_2 ; a_3)	ค่า Centered	
LOLE	ชั่วโมง / ปี	(3.586 ; 9.455 ; 22.464)	10.041	9.39418
EENS	MWh / ปี	(405.789 ; 1173.318 ; 3061.423)	1263.94	1176.0

ในกรณีที่คำนึงถึงผลของความไม่แน่นอนของค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลองของโหลด แต่ไม่คำนึงถึงในส่วนของแบบจำลองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ คือ LOLE และ EENS ได้ดังตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.6 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้กรณีไม่คำนึงถึงผลของความไม่แน่นอน
ของค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ดัชนี	หน่วย	วิธีที่เสนอ		ค่าอ้างอิง จาก [20]
		(a_1 ; a_2 ; a_3)	ค่า Centered	
LOLE	ชั่วโมง / ปี	(4.387 ; 9.455 ; 20.409)	9.92817	9.39418
EENS	MWh / ปี	(525.545 ; 1173.318 ; 2629.103)	1238.041	1176.0

จากตารางที่ 5.5 และ 5.6 จะเห็นว่าความไม่แน่นอนในส่วนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งที่จะส่งผลต่อค่าดัชนีความเชื่อถือได้ โดยในกรณีนี้ค่า LOLE และ EENS ในกรณีที่ไม่คำนึงถึงผลของความไม่แน่นอนในส่วนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะมีค่าการกระจายน้อยกว่า กรณีที่ไม่คำนึงถึงผลของโหลด ซึ่งค่า Centered ที่ได้ก็จะได้ผลลัพธ์เช่นเดียวกัน

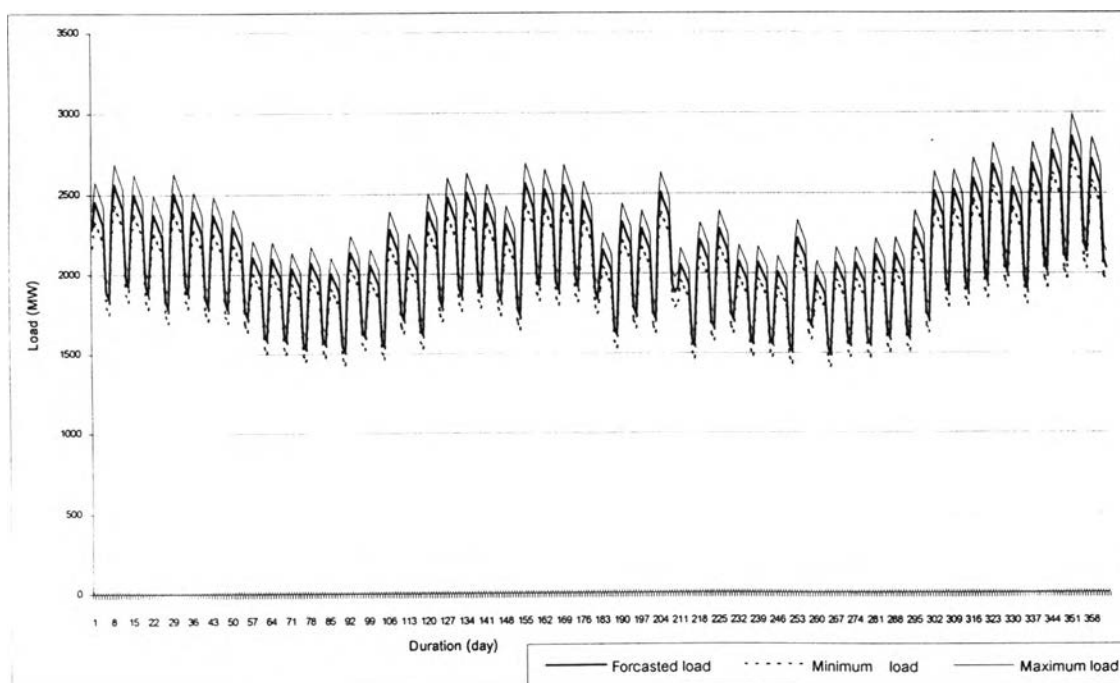
5.2.2 ค่าดัชนี Frequency & Duration

ในส่วนของ การคำนวณค่าดัชนี F&D เราจะเริ่มจากการพิจารณาแบบจำลองของโหลดชนิด individual state และ cumulative state ตามลำดับ ในกรณีแรก การสร้างแบบจำลองของโหลดชนิด individual state สามารถทำได้ตามวิธีที่กล่าวไว้ในบทที่ 4 หัวข้อ 4.3.4 ซึ่งในกรณีนี้จะใช้โหลดแบบรายวันของระบบ IEEE ตามที่ระบุไว้ใน [1,20] โดยกำหนดให้ค่า exposure (e) มีค่าเท่ากับ 0.5 และ โหลดแบบรายวันนี้จะถูกเรียงตามลำดับจากมากไปหาน้อยและถูกจัดออกเป็นกลุ่ม 5 กลุ่ม ไม่รวมโหลดค่าต่ำสุด ได้แก่ โหลดในช่วง 1450-1750 , 1750-2050 , 2050-2350 , 2350-2650 และ โหลดที่มีค่าเท่ากับหรือมากกว่า 2650 หลังจากนั้นจะหาค่าเฉลี่ยของโหลดแต่ละกลุ่มนี้เพื่อใช้เป็นระดับของโหลด (L_i) ในการคำนวณค่าดัชนีต่อไป

กำหนดให้โหลดแบบรายวันมีลักษณะพีชชีดังแสดงในรูปที่ 5.5 ซึ่งจะกำหนดได้จากฟังก์ชัน $S_L(\alpha)$ และ $S_R(\alpha)$ โดยในที่นี้กำหนดให้ $S_L(\alpha), S_R(\alpha) = 0.05 - (0.05) \cdot (\alpha)$ เช่นเดียวกับกรณีของเส้นโค้งระยะเวลาของโหลดสะสมแบบพีชชี จะได้ว่า ค่าความน่าจะเป็นซึ่งเป็นตัวเลขพีชชีในแต่ละระดับโหลด (L_i) และค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงสถานะของโหลดแต่ละระดับจะมีค่าดังแสดงในตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.7 ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองของโหลดชนิด Individual state

ระดับ โหลด i	ค่าของโหลด (L_i) (MW)	$\tilde{p}(L_i)$	$\lambda_+(L_i)$	$\lambda_-(L_i)$
1	2714	(0.010219 ; 0.016483 ; 0.037087)	0	2
2	2458	(0.059065 ; 0.112637 ; 0.140109)	0	2
3	2191	(0.141098 ; 0.146978 ; 0.166208)	0	2
4	1929	(0.105769; 0.159341 ; 0.199175)	0	2
5	1593	(0.050824 ; 0.064560 ; 0.087912)	0	2
6	1485	(0.5 ; 0.5 ; 0.5)	2	0



รูปที่ 5.5 โหลดรายวันแบบพีชชีของระบบ IEEE

แบบจำลองของโหนดชนิด Individual state ที่ได้นี้จะถูกนำไปคำนวณรวมกับแบบจำลองของระบบผลิต คือ COPT ของระบบ เพื่อที่จะสร้างตาราง Margin ตามวิธีการที่กล่าวในบทที่ 2 และบทที่ 4 ซึ่งในกรณีของระบบ IEEE นี้ จะได้ว่าตาราง Margin ที่ได้มีทั้งหมด 858 สถานะ โดยสถานะที่เป็นลบค่าแรก (First negative margin) มีค่า Margin เท่ากับ -1 MW ตัวอย่างที่แสดงค่าพารามิเตอร์ในบางสถานะของตาราง Margin สามารถแสดงได้ในตารางที่ 5.8

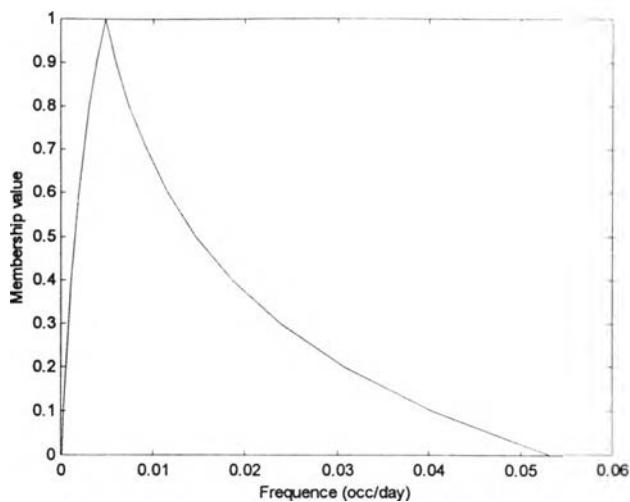
ตารางที่ 5.8 ตัวอย่างบางสถานะของตาราง Margin ของระบบ IEEE

สถานะ (s)	ค่า Margin ($-m_s$)	ความน่าจะเป็นเฉพาะ (\tilde{p}_s)	$\tilde{\lambda}_s$	$\tilde{\mu}_s$
1	1	(0.0000 ; 0.0000 ; 0.00001)	(0.0283 ; 0.5260 ; 3.2391)	(0.353 ; 4.689 ; 26.415)
5	5	(0.0000 ; 0.0000 ; 0.00001)	(0.0280 ; 0.5685 ; 3.2760)	(0.728 ; 4.037 ; 22.215)
10	10	(0.0000 ; 0.0000 ; 0.00001)	(0.0076 ; 0.5378 ; 3.7959)	(0.313 ; 4.682 ; 26.268)
15	15	(0.0000 ; 0.0000 ; 0.0000)	(0.0358 ; 0.5792 ; 3.5711)	(0.955 ; 4.239 ; 27.011)
20	20	(0.00002 ; 0.00005 ; 0.00016)	(0.2307 ; 0.5612 ; 1.2350)	(2.248 ; 3.386 ; 6.435)
30	30	(0.0000 ; 0.0000 ; 0.00001)	(0.0113 ; 0.5434 ; 3.9517)	(0.230 ; 4.475 ; 27.021)
50	50	(0.00003 ; 0.00009 ; 0.00021)	(0.3829 ; 0.6055 ; 1.0118)	(2.312 ; 2.911 ; 4.661)
100	100	(0.00000 ; 0.00002 ; 0.00005)	(0.1613 ; 0.5873 ; 1.5786)	(1.873 ; 3.585 ; 8.552)
200	200	(0.0000 ; 0.0000 ; 0.0000)	(0.0732 ; 0.5683 ; 2.0300)	(1.582 ; 4.252 ; 14.078)
500	500	(0.0000 ; 0.0000 ; 0.0000)	(0.4203 ; 0.5646 ; 0.8712)	(2.966 ; 3.574 ; 5.811)
700	702	(0.0000 ; 0.0000 ; 0.0000)	(0.3094 ; 0.5612 ; 1.2193)	(3.229 ; 4.219 ; 9.327)
858	1108	(0.0000 ; 0.0000 ; 0.0000)	(0.4637 ; 0.5160 ; 0.5802)	(4.381 ; 4.626 ; 4.951)

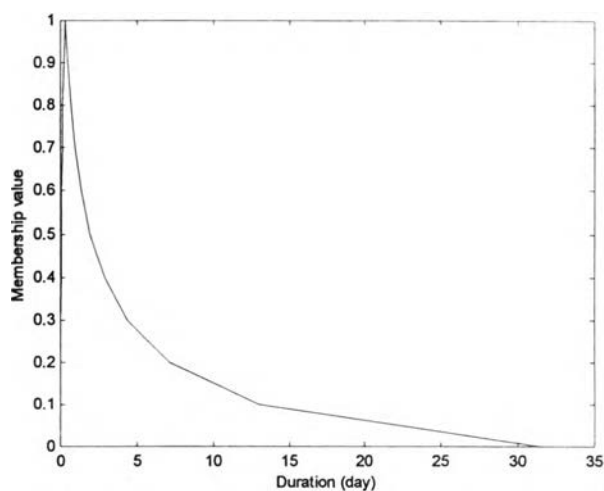
จากตาราง Margin ที่ได้ จะคำนวณค่าความน่าจะเป็นสะสมและความถี่สะสมของสถานะที่เป็นลบค่าแรกได้ ซึ่งทำให้สามารถคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ "Frequency" และ "Duration" ได้ดังแสดงในตารางที่ 5.9 และรูปที่ 5.6 และ 5.7 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.9 ดัชนีความเชื่อถือได้ "Frequency" และ "Duration" ของระบบ IEEE

ดัชนี	หน่วย	วิธีที่เสนอ		ค่าอ้างอิง จาก [1]
		($a_1 ; a_2 ; a_3$)	ค่า Centered	
Frequency	ครั้ง / ปี	(0.000158 ; 0.00478 ; 0.053261)	0.007225	0.004517
Duration	วัน / ปี	(0.00933 ; 0.35441 ; 31.46688)	0.984694	0.355327



รูปที่ 5.6 คำนีความเชื่อถือได้ Frequency แบบฟัซซี



รูปที่ 5.7 คำนีความเชื่อถือได้ Duration แบบฟัซซี

จากรูปที่ 5.6 และ 5.7 เช่นเดียวกับกรณีของค่านี LOLE และ EENS แบบฟัซซี ค่าค่านี F&D แบบฟัซซีที่ได้จะแสดงถึงลักษณะการกระจายของค่าค่านีเมื่อคำนึงถึงผลของความไม่แน่นอนในส่วนของการจำลองการผลิตและแบบจำลองของโหลด นั่นคือค่าค่านีแบบฟัซซีจะแสดงถึงค่าค่านีทั้งหมดที่เป็นไปได้ ในที่นี้จะพบว่าค่าค่านี Duration จะมีลักษณะการกระจายของค่าที่เป็นไปได้ค่อนข้างสูง

จากตารางที่ 5.9 ค่า α 1.0-cut (a_1) ของค่านีแบบฟัซซีควรมีค่าเท่ากับค่าอ้างอิงจาก [1] ด้วยเหตุผลเดียวกับกรณีของค่า LOLE และ EENS โดยจากผลลัพธ์ที่ได้ ค่า Frequency มีค่าคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5.82 % และค่า Duration มีค่าคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.26 % ตามลำดับ

ในส่วนของการสร้างแบบจำลองของโหลดชนิด Cumulative state จะสามารถทำได้ตามวิธีที่กล่าวไว้ในบทที่ 4 หัวข้อ 4.3.3 ซึ่งในกรณีนี้จะใช้โหลดแบบรายวันของระบบ IEEE ตามที่ระบุไว้ใน [1,20] หลังจากนั้นจะแบ่งโหลดออกเป็น 8 ช่วง ซึ่งมีค่าตั้งแต่โหลดสูงสุดถึงโหลดต่ำที่สุด คือ 2850 ถึง 1485.56 MW กำหนดให้โหลดแบบรายวันมีลักษณะพีชชีดังแสดงในรูปที่ 5.5 ซึ่งจะกำหนดได้จากฟังก์ชัน $S_L(\alpha)$ และ $S_R(\alpha)$ โดยในที่นี้กำหนดให้ $S_L(\alpha), S_R(\alpha) = 0.05 - (0.05) \cdot (\alpha)$ เช่นเดียวกับกรณีแบบจำลองของโหลดชนิด Individual state จะได้ว่า ค่าความน่าจะเป็นซึ่งเป็นตัวเลขพีชชี (L_i) และความถี่สะสมของโหลดแต่ละระดับ จะมีค่าตามตารางที่ 5.10 ดังนี้

ตารางที่ 5.10 ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองของโหลดชนิด Cumulative state

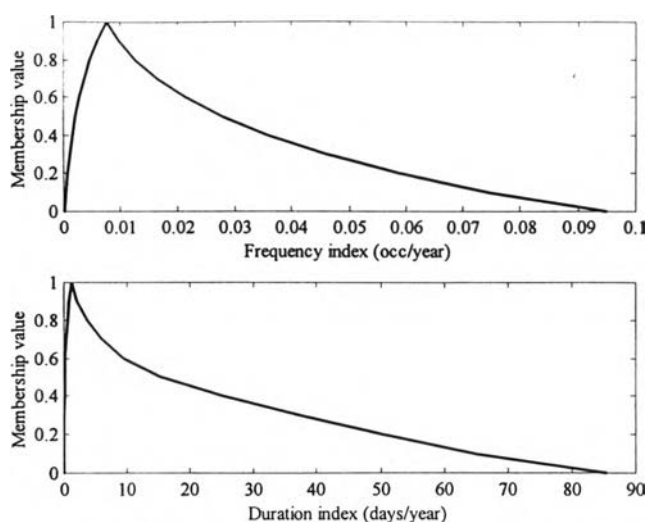
ระดับ โหลด i	ค่าของโหลด (L_i) (MW)	ความน่าจะเป็นสะสม $\tilde{P}(L_i)$	ความถี่สะสม $\tilde{F}(L_i)$
1	> 2850	(0 ; 0 ; 0.023)	(0 ; 0 ; 0.0055)
2	2622.59	(0.0151 ; 0.03846 ; 0.12898)	(0.0034 ; 0.0055 ; 0.00762)
3	2395.19	(0.11192 ; 0.2033 ; 0.3108)	(0.0187 ; 0.03014 ; 0.0419)
4	2167.78	(0.31007 ; 0.4176 ; 0.5473)	(0.0645 ; 0.10411 ; 0.1447)
5	1940.38	(0.5750 ; 0.7033 ; 0.77474)	(0.0612 ; 0.0986 ; 0.1371)
6	1712.97	(0.8094 ; 0.87912 ; 0.9253)	(0.0543 ; 0.08767 ; 0.1219)
7	1485.56	(0.9524 ; 0.99725 ; 1)	(0.0408 ; 0.0657 ; 0.067)
8	< 1485.56	(0.9637 ; 1 ; 1)	(0 ; 0 ; 0.0302)

หลังจากนี้ จะคำนวณค่าความน่าจะเป็นและความถี่สะสมของสถานะ Margin เท่ากับ 0 MW ได้จากสมการที่ 4.28 และ 4.29 ตามลำดับ ซึ่งนำไปสู่การคำนวณค่าดัชนี Frequency และ Duration ได้ดังตารางที่ 5.11

ตารางที่ 5.11 ดัชนีความเชื่อถือได้ "Frequency" และ "Duration" ที่ได้จาก

แบบจำลองของโหลดชนิด Cumulative state

ดัชนี	หน่วย	วิธีที่เสนอ		ค่าอ้างอิง จาก [1]
		($a_1 ; a_2 ; a_3$)	ค่า Centered	
Frequency	ครั้ง / ปี	(0.0002 ; 0.00755 ; 0.0949)	0.01286	0.0075496
Duration	วัน / ปี	(0.0255 ; 1.1952 ; 85.50)	6.417	1.193



รูปที่ 5.8 คณิตศาสตร์ความเชื่อถือได้ Frequency และ Duration แบบฟัซซีที่ได้จาก
แบบจำลอง โหลดชนิด Cumulative state

จากตารางที่ 5.11 ค่า α 1.0-cut (a_2) ของคณิตศาสตร์แบบฟัซซี ได้แก่ Frequency มีค่าคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.005 % และค่า Duration มีค่าคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.168 % ตามลำดับเมื่อเทียบกับค่าอ้างอิง ในกรณีนี้ จะพบว่าค่าดัชนี Duration ที่ได้มีการกระจายของค่าอยู่ในช่วงที่กว้างมาก และกว้างกว่าค่าดัชนีที่คำนวณได้โดยใช้แบบจำลองของโหลดชนิด Individual state ซึ่งส่งผลให้ค่า Centered ของค่าดัชนี Duration แบบฟัซซีในกรณีนี้มีค่าสูงมากเกินกว่าค่าที่อาจจะเกิดขึ้นได้จริง ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า สำหรับการคำนวณค่าดัชนี Frequency และ Duration โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีฟัซซี การใช้แบบจำลองของโหลดชนิด Individual state อาจจะเหมาะสมกว่า

5.3 การคำนวณค่ากำลังการผลิตสำรองที่เหมาะสม

5.3.1 การคำนวณค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้า

จากสมการที่ 4.30 ถึง 4.32 ในบทที่ 4 หัวข้อ 4.5.1 จะสามารถคำนวณค่า EES_i และคำนวณค่าใช้จ่ายในการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทุกเครื่องในระบบ IEEE ได้ ในกรณีนี้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะถูกเพิ่มเข้าไปในระบบที่ละเครื่องจนครบทุกเครื่องตามลำดับก่อนหลัง (priority list) ที่ระบุไว้ใน [20] และค่าใช้จ่ายคงที่ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของแต่ละเครื่องจะใช้ตามที่ระบุไว้เช่นเดียวกัน โดยตัวอย่างของค่า EES_i ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าบางเครื่องในระบบแสดงได้ดังตารางที่ 5.12

ตารางที่ 5.12 ตัวอย่างค่า EES_i ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ลำดับการจ่ายไฟฟ้า	ประเภท	กำลังการผลิตติดตั้ง (MW)	EES _i
1	พลังน้ำ	50	(368994.169 ; 432432.000 ; 489581.95)
3	พลังน้ำ	50	(375374.188 ; 432388.756 ; 482205.193)
5	พลังน้ำ	50	(381887.559 ; 432388.756 ; 474947.852)
7	นิวเคลียร์	400	(2893688.446 ; 3074764.492 ; 3210777.918)
9	ถ่านหิน	350	(2300493.973 ; 2521335.171 ; 2701750.920)
11	น้ำมัน	197	(794064.528 ; 973498.107 ; 1130463.201)
13	ถ่านหิน	155	(295702.416 ; 430474.897 ; 576732.233)
15	ถ่านหิน	155	(101708.793 ; 190472.270 ; 323579.014)
17	น้ำมัน	100	(18644.431 ; 44344.182 ; 91110.475)
19	น้ำมัน	100	(6162.726 ; 17594.054 ; 44077.001)
22	ถ่านหิน	76	(993.257 ; 3638.747 ; 11530.556)
26	น้ำมัน	12	(55.881 ; 228.637 ; 777.749)
28	น้ำมัน	12	(45.5461 ; 194.0399 ; 686.3036)
30	กังหันก๊าซ	20	(57.0412 ; 233.7100 ; 704.0034)
32	กังหันก๊าซ	20	(39.0139 ; 180.7335 ; 609.4841)

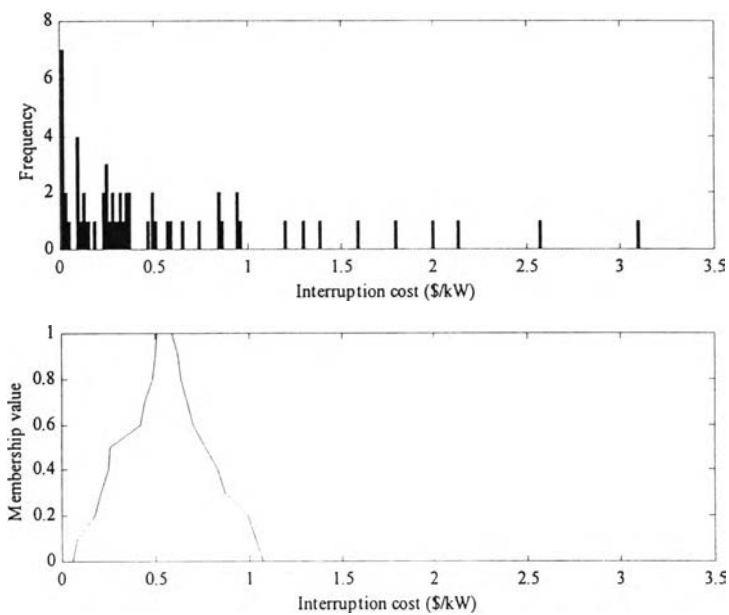
5.3.2 การคำนวณฟังก์ชันความเสียหายโดยรวมของผู้ใช้ไฟฟ้า

ในการคำนวณฟังก์ชันความเสียหายโดยรวมของผู้ใช้ไฟฟ้า ข้อมูลจากการสำรวจจะถูกจำลองขึ้นมาโดยอยู่บนพื้นฐานของลักษณะการกระจายของข้อมูลที่ได้จากการเก็บตัวอย่างจริงๆ และค่าเฉลี่ยของค่าความเสียหายในแต่ละกลุ่มผู้ใช้นี้จะมีค่าเท่ากับค่าที่ระบุไว้ใน [14] ทั้งนี้เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบระหว่างวิธีที่เสนอนี้กับวิธีแบบดั้งเดิมได้ โดยใช้วิธีการที่เสนอที่กล่าวไว้ในบทที่ 4 ค่าตัวเลขพีชชีที่แสดงถึงค่าความเสียหายของผู้ใช้แต่ละประเภทจะได้อาจมาจากการใช้ระบบการวินิจฉัยเชิงพีชชี ต่อจากนั้นตัวเลขพีชชีเหล่านี้จะถูกถ่วงน้ำหนักด้วยค่าอัตราการใช้พลังงานที่ขึ้นกับผู้ใช้นี้แต่ละประเภท ซึ่งสุดท้ายก็จะได้ฟังก์ชันความเสียหายโดยรวมของผู้ใช้ไฟฟ้าตามลำดับ

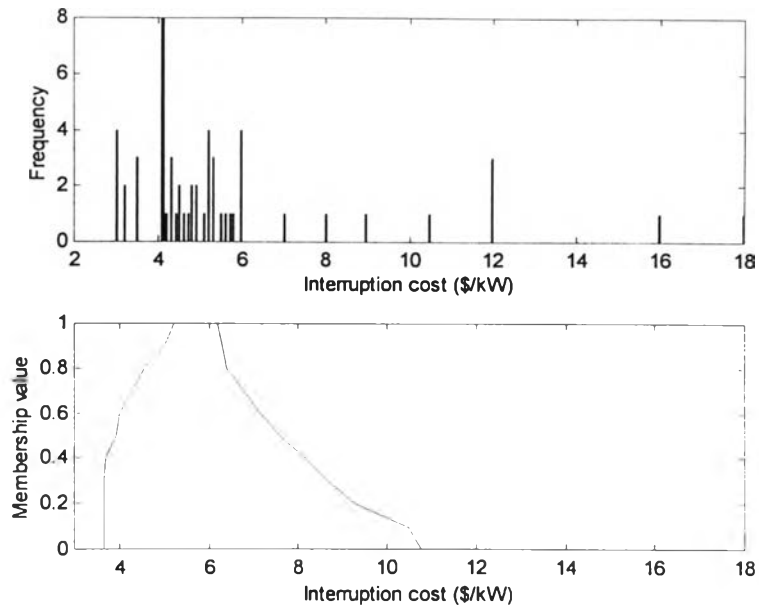
ในกรณีนี้ ระยะเวลาไฟฟ้าดับที่พิจารณาจะมีค่า 1 นาที 20 นาที 1 ชั่วโมง 4 ชั่วโมง และ 8 ชั่วโมงตามลำดับ และกลุ่มของผู้ใช้ไฟฟ้าจะแบ่งออกได้เป็น 7 ประเภท ดังนี้

- 1) ผู้อยู่อาศัย
- 2) ผู้ใช้ไฟฟ้าขนาดใหญ่
- 3) ผู้ใช้ไฟฟ้าขนาดเล็ก
- 4) หน่วยงานรัฐบาลและสถาบันต่างๆ
- 5) องค์กรธุรกิจต่างๆ
- 6) อาคารสำนักงาน
- 7) การเกษตร

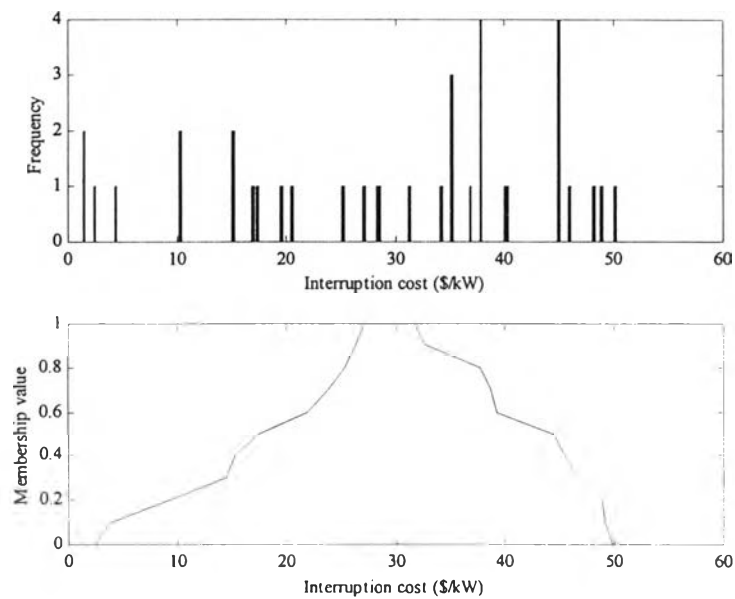
ตัวอย่างของตัวเลขฟัซซีที่แสดงถึงค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภทสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.9 ถึง 5.15 ดังนี้



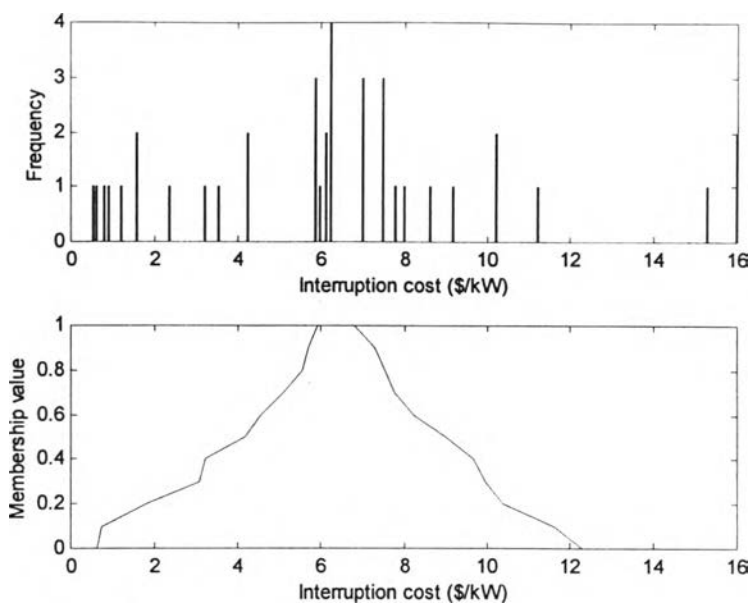
รูปที่ 5.9 การเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าที่ได้จากการสำรวจ และตัวเลขฟัซซีของค่าความเสียหายที่ได้จากระบบ FIS ในประเภทผู้อยู่อาศัย ระยะเวลา 1 ชม.



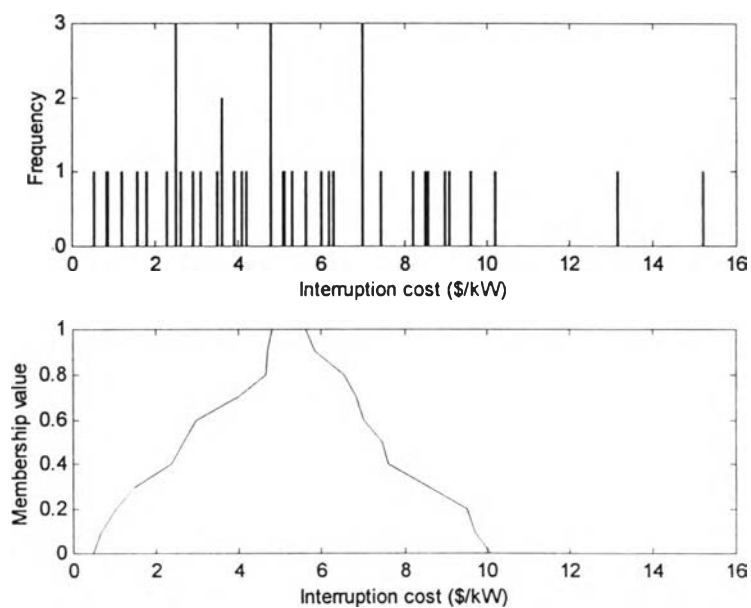
รูปที่ 5.10 การเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าและตัวเลขฟัซซีของค่าความเสียหายที่ได้จากระบบ FIS ในประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าขนาดใหญ่ ระยะเวลา 1 ชม.



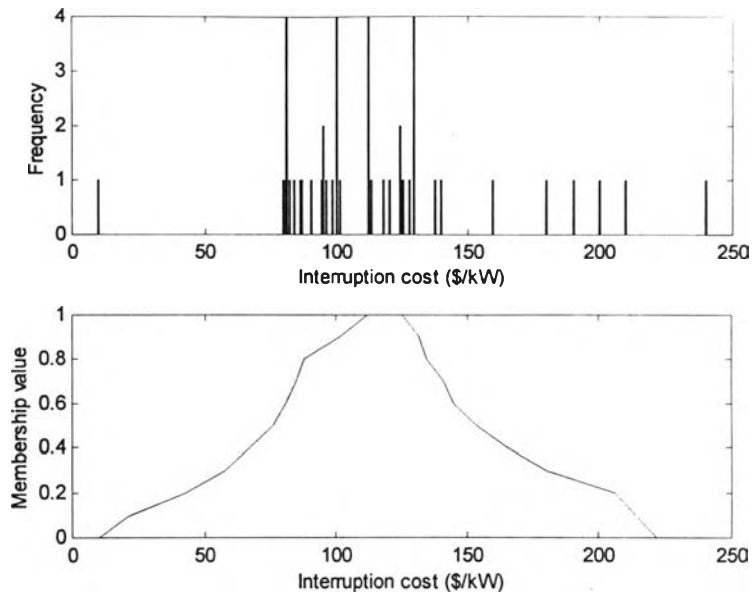
รูปที่ 5.11 การเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าและตัวเลขฟัซซีของค่าความเสียหายที่ได้จากระบบ FIS ในประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าขนาดเล็ก ระยะเวลา 8 ชม.



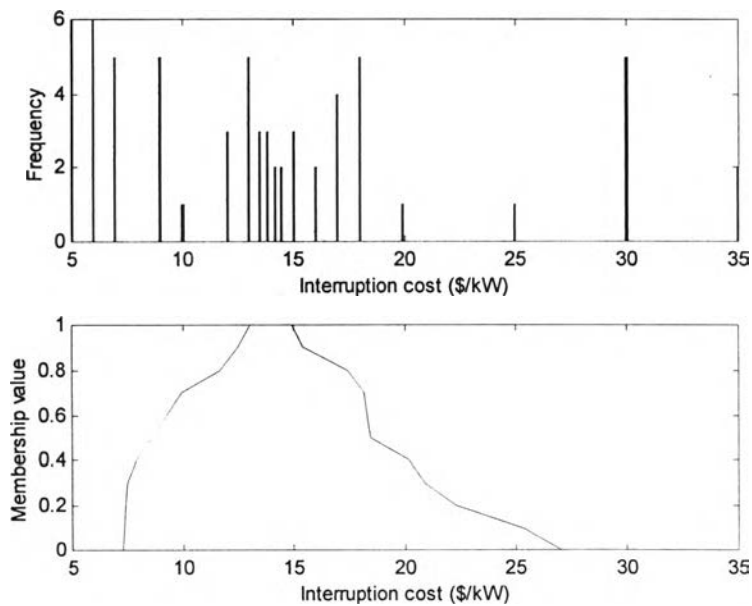
รูปที่ 5.12 การเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าและตัวเลขฟัซซีของค่าความเสียหายที่ได้จากระบบ FIS ในประเภทหน่วยงานรัฐบาลและสถาบันต่างๆ ระยะเวลา 4 ชม.



รูปที่ 5.13 การเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าและตัวเลขฟัซซีของค่าความเสียหายที่ได้จากระบบ FIS ในประเภทองค์กรธุรกิจต่างๆ ระยะเวลา 20 นาที



รูปที่ 5.14 การเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าและตัวเลขฟัซซีของค่าความเสียหายที่ได้จากระบบ FIS ในประเภทอาคารสำนักงาน ระยะเวลา 8 ชม.



รูปที่ 5.15 การเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าและตัวเลขฟัซซีของค่าความเสียหายที่ได้จากระบบ FIS ในประเภทเกษตรกรรม ระยะเวลา 1 ชม.

จากรูปที่ 5.9 ถึง 5.15 แสดงให้เห็นว่าตัวเลขพีชชีของค่าความเสียหายสามารถแสดงถึงลักษณะการกระจายของข้อมูลจากการสำรวจซึ่งปกติจะมีการกระจายสูงได้ ซึ่งค่าเฉลี่ยของค่าความเสียหายตามวิธีดั้งเดิมไม่สามารถสื่อข้อมูลตรงจุดนี้ได้

ตัวเลขพีชชีของค่าความเสียหายดังแสดงเป็นตัวอย่างในรูปที่ 5.9 ถึง 5.15 จะถูกถ่วงน้ำหนักด้วยค่าอัตราการใช้พลังงานดังแสดงในตารางที่ 5.13 โดยเปอร์เซ็นต์ความต้องการพลังงานสูงสุด (Peak demand) จะใช้สำหรับระยะเวลาไฟฟ้าดับสั้นๆ ได้แก่ 1 และ 20 นาที และเปอร์เซ็นต์การใช้พลังงานจะใช้สำหรับระยะเวลาไฟฟ้าดับที่เหลือ

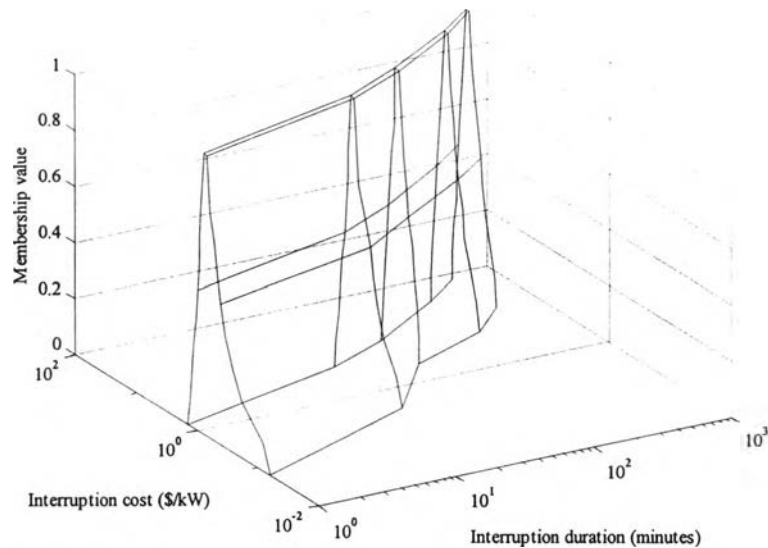
ตารางที่ 5.13 อัตราการใช้พลังงานของผู้ใช้แต่ละประเภท

ประเภทของผู้ใช้ไฟฟ้า	% การใช้พลังงาน	% ความต้องการพลังงานสูงสุด
ผู้อยู่อาศัย	31	34
ผู้ใช้ไฟฟ้าขนาดใหญ่	31	30
ผู้ใช้ไฟฟ้าขนาดเล็ก	19	14
หน่วยงานรัฐบาลและสถาบันต่างๆ	5.5	6
องค์กรธุรกิจต่างๆ	9	10
อาคารสำนักงาน	2	2
การเกษตร	2.5	4

หลังจากนั้น จะสามารถคำนวณฟังก์ชันความเสียหายโดยรวมของผู้ใช้ไฟฟ้า (CCDF) ได้ ดังแสดงในตารางที่ 5.14 ซึ่งจะเขียนในรูปแบบ $B \equiv (b_1; b_2; b_3; b_4)$ และรูปที่ 5.16 ตามลำดับ จะเห็นว่าตัวเลขพีชชีของค่าความเสียหายที่ได้มีลักษณะเกือบจะเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู

ตารางที่ 5.14 ฟังก์ชันความเสียหายโดยรวมของผู้ใช้ไฟฟ้า (CCDF) แบบพีชชี

ระยะเวลาไฟฟ้าดับ	ค่าความเสียหายจากไฟฟ้าดับแบบพีชชี (\$/kW)
1 นาที	(0.0622 ; 0.6725 ; 0.7807 ; 1.45051)
20 นาที	(0.3647 ; 2.2310 ; 2.5821 ; 4.6986)
1 ชั่วโมง	(2.2959 ; 4.8948 ; 5.701 ; 9.6873)
4 ชั่วโมง	(5.5654 ; 17.7916 ; 20.6310 ; 34.6681)
8 ชั่วโมง	(13.5327 ; 38.3108 ; 44.6899 ; 73.7113)



รูปที่ 5.16 ฟังก์ชันความเสียหายโดยรวมของผู้ใช้ไฟฟ้า (CCDF) แบบฟัซซี

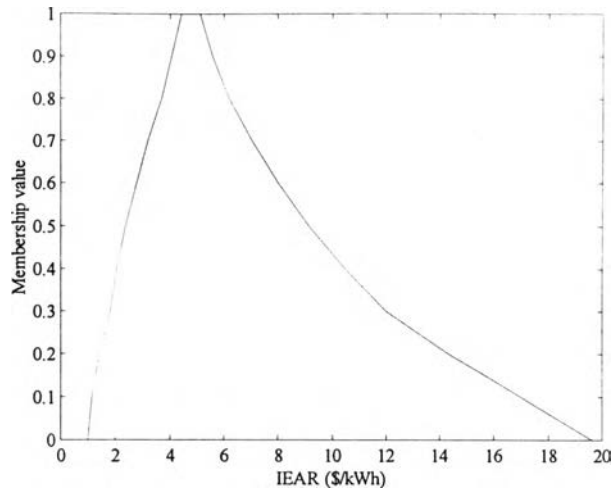
จากรูปที่ 5.16 สังเกตว่าช่วงของค่าความเสียหายแบบฟัซซีที่ระยะเวลาไฟฟ้าดับ 1 ชม. มีค่าน้อยกว่าค่าในระยะเวลาอื่น ทั้งนี้เป็นผลกระทบโดยตรงจากลักษณะของข้อมูลจากการสำรวจของช่วงระยะเวลาไฟฟ้าดับ 1 ชม. นั้น ซึ่งจะเห็นว่าฟังก์ชันความเสียหายโดยรวมของผู้ใช้ไฟฟ้าแบบดั้งเดิมไม่สามารถแสดงข้อมูลตรงจุดนี้ได้

5.3.3 การคำนวณอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับ

จาก COPT ของระบบ แบบจำลองของโหนดชนิด Individual และ CCDF ที่คำนวณได้ ทั้งหมดจะถูกพิจารณารวมกันเพื่อคำนวณอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับ (IEAR) ตามวิธีที่กล่าวไว้ในข้อที่ 4.53 ซึ่งจะได้ค่า IEAR ดังแสดงในตารางที่ 5.15 และรูปที่ 5.17

ตารางที่ 5.15 ค่าอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับ (IEAR) แบบฟัซซี

ดัชนี	หน่วย	วิธีที่เสนอ		ค่าอ้างอิงจาก [14]
		$(b_1; b_2; b_3; b_4)$	ค่า Centered	
IEAR	\$/kWh	1.0162 ; 4.4234 ; 5.1478 ; 19.6370)	5.192	5.02



รูปที่ 5.17 ค่าอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับ (IEAR) แบบฟัซซี

จากรูปที่ 5.17 จะเห็นได้ว่าค่าอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับ (IEAR) แบบฟัซซีมีลักษณะประมาณเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ทั้งนี้เนื่องจาก CCDF เป็นตัวเลขฟัซซีที่ประมาณได้ว่าเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมูนั่นเอง จากตารางที่ 5.15 จะเห็นว่าค่า IEAR ที่เป็นค่าอ้างอิงจะมีค่าอยู่ระหว่างค่าทางซ้ายและทางขวาของ 1.0-cut (b_2 และ b_3) และค่า Centered ของ IEAR แบบฟัซซีจะมีค่ามากกว่าค่าอ้างอิงเนื่องจากรวมผลของความไม่แน่นอนเข้ามาในการคำนวณ ซึ่งจะเห็นได้ว่าความไม่แน่นอนนี้ส่งผลให้ค่า IEAR แบบฟัซซีที่ได้มีการกระจายค่อนข้างมาก

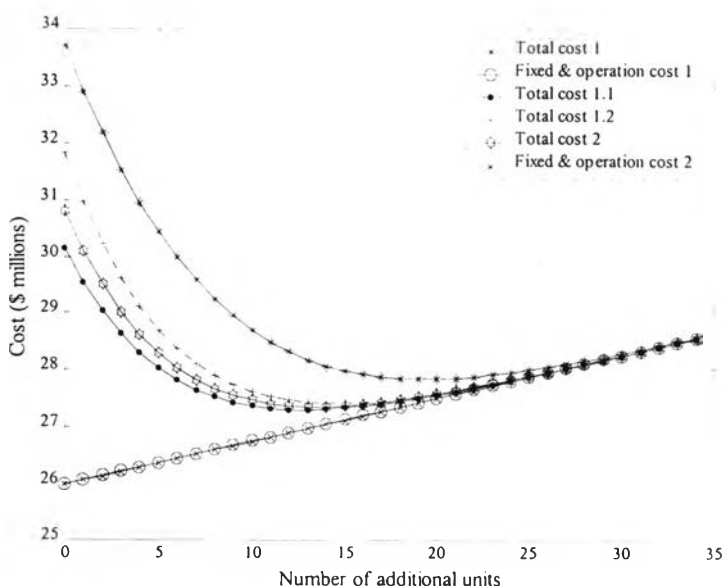
5.3.4 การคำนวณค่ากำลังการผลิตสำรองที่เหมาะสม

ในการคำนวณค่ากำลังการผลิตที่เหมาะสม เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีค่าพารามิเตอร์ดังแสดงในตารางที่ 5.16 จะถูกเพิ่มเข้าไปในระบบที่มีอยู่เพื่อที่จะหาค่ากำลังการผลิตของระบบที่ทำให้ค่าต้นทุนรวม ($\tilde{C}_{TP} + \tilde{C}_{IC}$) มีค่าน้อยที่สุด ซึ่งสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 4.35

ตารางที่ 5.16 ค่าพารามิเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพิ่มเติม

ค่ากำลังการผลิตติดตั้ง (MW)	TTF (\tilde{m})	TTR (\tilde{r})
25	(495 ; 550 ; 605)	(67.5 ; 75 ; 82.5)

ในกรณีนี้ ถ้าตัวเลข เงื่อนไขบังคับในสมการที่ 4.35 จะได้ผลลัพธ์จากการคำนวณดังแสดงในรูปที่ 5.18 และตารางที่ 5.17 ดังนี้



รูปที่ 5.18 การเปลี่ยนแปลงของค่าใช้จ่ายเทียบกับจำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เพิ่มเข้ามา

โดย ค่าใช้จ่ายรวม 1 (Total cost 1) คือ ค่า Centered ของค่าใช้จ่ายทั้งหมดแบบพีชชี ($\tilde{C}_{TP} + \tilde{C}_{IC}$)
 ค่าใช้จ่ายรวม 1.1 (Total cost 1.1) คือ ค่าทางซ้ายของ 1.0-cut (b_2) ของ ($\tilde{C}_{TP} + \tilde{C}_{IC}$)
 ค่าใช้จ่ายรวม 1.2 (Total cost 1.2) คือ ค่าทางขวาของ 1.0-cut (b_3) ของ ($\tilde{C}_{TP} + \tilde{C}_{IC}$)
 ต้นทุนคงที่และผันแปร 1 (Fixed & operation cost 1) คือ ค่า Centered ของค่าใช้จ่ายในการผลิตทั้งหมด
 ค่าใช้จ่ายรวม 2 และ ต้นทุนคงที่และผันแปร 2 คือ ค่าใช้จ่ายรวมและค่าใช้จ่ายในการผลิตที่คำนวณตามวิธีดั้งเดิม [14]

ตารางที่ 5.17 ผลลัพธ์ที่ได้จากการหาค่ากำลังการผลิตสำรองที่เหมาะสม

พารามิเตอร์	วิธีที่เสนอ			ค่าอ้างอิง (คำนวณตาม [14])
	ค่า Centered	ค่าทางซ้าย (b_2)	ค่าทางขวา (b_3)	
ค่าใช้จ่ายต่ำสุด ($\$ * 10^6$)	27.8895	27.3042	27.4306	27.3772
จำนวนเครื่องที่เพิ่มเข้ามา	20	13	15	14
กำลังการผลิตติดตั้ง (MW)	3905	3730	3780	3755
% กำลังการผลิตสำรอง	37.02	30.88	32.63	31.75

จากสมการที่ 4.35 เนื่องจากค่า IEAR แบบฟuzzyมีลักษณะประมาณเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ดังนั้น ค่าใช้จ่ายรวม ($\tilde{C}_{TP} + \tilde{C}_{IC}$) จึงเป็นตัวเลขฟuzzyแบบประมาณเป็นสี่เหลี่ยมคางหมูด้วย ในที่นี้จะใช้ค่า Centerd ของค่าใช้จ่ายรวมแบบฟuzzyในการเรียงลำดับตัวเลขฟuzzyในขั้นตอนของการแก้ปัญหาค่าต่ำที่สุด ผลที่ได้ในตารางที่ 5.17 คือจำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เพิ่มเข้ามาจะมีค่ามากกว่าค่าที่คำนวณได้จากการใช้วิธีแบบดั้งเดิม จากรูปที่ 5.18 จะสังเกตได้ว่า ค่า Centered ของค่าใช้จ่ายในการผลิตแบบฟuzzy และแบบดั้งเดิมมีค่าใกล้เคียงกันมาก ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า ค่า Centered ของค่าใช้จ่ายรวมแบบฟuzzyได้รับผลกระทบส่วนใหญ่จากความไม่แน่นอนของค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้า (\tilde{C}_{IC}) โดยผลที่ได้นี้จะ เป็นค่าอ้างอิงของค่ากำลังการผลิตสำรองที่เหมาะสมในกรณีที่คำนึงถึงผลของความไม่แน่นอนที่มีอยู่ในระบบ

สำหรับกรณีที่นำเสนอในสมการที่ 4.35 เข้ามาร่วมพิจารณาในการแก้ปัญหาค่าต่ำสุดด้วยนั้น จะเห็นได้ว่าค่าใช้จ่ายรวมของระบบที่คำนวณได้จะมีค่ามากกว่ากรณีที่ไม่นำถึงเงื่อนไขดังกล่าว และในกรณีที่พิจารณาค่าทางซ้ายและทางขวาของ 1.0-cut ของค่าใช้จ่ายรวมแบบฟuzzyแทนที่จะพิจารณาค่า Centered จากตารางที่ 5.17 จะได้ว่าจำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เพิ่มเข้ามาจากการคำนวณด้วยวิธีแบบดั้งเดิมมีค่าเท่ากับ 14 เครื่อง ซึ่งอยู่ระหว่างค่าที่ได้จากการพิจารณาค่าทางซ้ายและทางขวาของ 1.0-cut คือ 13 และ 15 เครื่องตามลำดับ ในความเป็นจริงแล้ว เราสามารถพิจารณาผลลัพธ์สำหรับทุกๆค่า α -cut ได้ อย่างไรก็ตาม ค่าจำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เพิ่มเข้ามาในระบบจะมีการกระจายอย่างมาก นอกจากนี้ เนื่องจากจำนวนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นตัวเลขไม่ต่อเนื่อง (Discrete number) การแสดงค่าดังกล่าวนี้โดยใช้ตัวเลขฟuzzyจึงอาจจะไม่เหมาะสมเท่าที่ควร